

传感器技术在轨道交通信号与控制专业中的教学内容研究

徐纪康 冲 蕾

(上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

摘要: 为了结合实际轨道交通信号发展情况, 培养轨道交通信号与控制专业的学生的专业水准, 本文提出了在轨道交通信号与控制专业中增加传感器相关知识点的建议。同时, 本文具体描述了传感器技术知识的内容和相关教学计划。

关键词: 传感器技术; 轨道交通信号与控制专业; 教学内容

一、背景

随着轨道交通的发展, 各种新技术对于传统的轨道交通信号系统带来了挑战。特别是 CBTC 技术的发展, 导致在信号系统中,

采用很多传感器来解决问题, 如图 1 所示。为了满足改造需求和新技术的采用, 城市轨道交通主要采用 CBTC 技术。

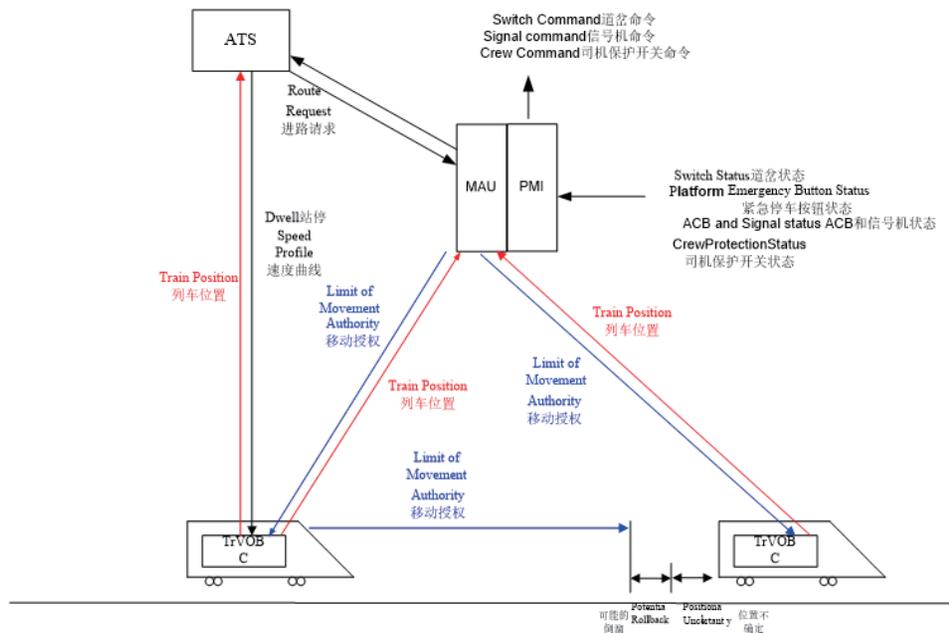


图 1 CBTC 系统结构

现在的 CBTC 系统基于很多新型传感器来实现。例如, 采用速传和加速度计来安全地测量列车的速度和加速度值, 如图 2 所示。

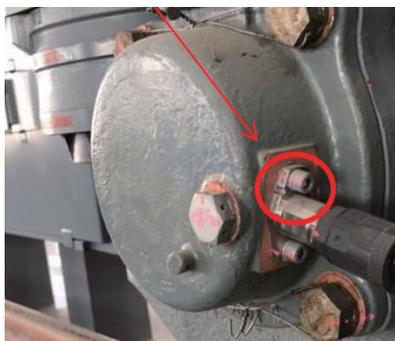


图 2 速度传感器硬件设备示意图

在高速列车车轮轴向外侧处安装的一个反向旋转式的光栅, 当在慢速行驶列车达到平稳高速运行的状态时, 由列车齿轮轴上的反向顺时针方向旋转的力矩会带动使该光栅的反向旋转运动; 在光栅轴上的前后或两侧部分均依次安装固定着两组发光脉冲检测装置和另外一组光电传感器, 随着光栅轴线方向的逆时针方向旋转, 光电传感器即可以通过实时方式接收并传送输入到两组发

光脉冲探测装置范围内的发光脉冲信号“光脉冲”发光脉冲信号, 并通过实时方式将该脉冲其输出数据直接转化输出为光发电的脉冲信号, 送存数据至计数器名为车载的计数器, 由车载计数器控制器将对计数器输出的该列车发光脉冲信号数进行自动定时和计数控制; 同时通过计数器所检测得的该脉冲信号次数, 可以被用于自动判断一个车轮的有和无即时的地转角, 由此该车轮的即时的地转角又即也可以直接用于自动求得该列车的瞬时位移。假定列车上所需要采用到的光栅刻度线为 60 度线, 车载的光栅计数器所得到的光栅计数的结果即为常数的 n, 则运行该高速列车时光栅的瞬时位移就应该完全按照如下的公式加以计算。

$$S = \frac{n}{60} \pi d$$

其中, d 是车轮直径。

轮速法还可以选择的采用霍尔脉冲传感器。该型霍尔传感器的探头主要由一个铝盘探头组件和另外一组霍尔传感器探头元件等组成。技术参数铝盘转速是由安装并固定安装在机车动轮轴头上的另一个顶端, 根据霍尔效应, 当车轮带动一个铝盘转动时, 霍尔元件, 就会自发的产生振荡频率为与轮驱动的铝盘的转速的频率为成正比整数值得一个霍尔信号脉冲, 通过对计算机上对此一信号脉冲值进行的分析测量或数值计算, 就可进行定量分析测

定后得铝盘转速。

该方法突出的几个优点分别是：非常快速简便，易于实现。缺点还在于：当测速车轮出现严重磨损、空转、滑行等故障情况时，轮速法对测速的定位容易有明显误差；另外，测速定位法属于相对位置定位，而非绝对位置定位，因此轮速法测速定位，需要和应答器等绝对位置定位法相结合使用。

同时，在轨道交通中也有采用雷达传感器来实现列车的测速定位功能。多普勒雷达是一种应用于列车上发射多普勒超声波脉冲至目标地面雷达，产生多普勒效应的原理来进行工作的。按多普勒效应的原理，移动体中发出频率的超声波，由于环绕移动体运动而产生之频率而变化，即简称为超声波多普勒频移，其幅度大小为：

$$\Delta f_1 = f_1 - f_0 = \frac{v}{c} f_0$$

式中， f_0 是信号发射源频率（HZ）， f_1 是信号接收的频率， v 是一个移动体的运行总速度（m/s）， c 则是声波在周围空气流动中所传播出的速度。

因此，安装固定在高速列车转向架上的多普勒计程仪可以向目标地面上发射一个超声波，该波束到达目标地面上空后，又能反射送回多普勒计程仪，故往返回来的两次都将发生多普勒效应，这样也可以简单推导计算出往返来回的两次所产生频率的频移为：

$$\Delta f_2 = f_2 - f_1 = \frac{2v}{c} f_0$$

式中， Δf_2 为二次多普勒频移， f_2 为反射回来的信号频率。

若已知列车声速度 c ，发射的频率 f_0 和列车声波的发射速度角是 θ ，则可以测得多普勒的频角移是 Δf_2 ，就可以初步确定列车声波的发射速度，再进一步求出列车速度对发射时间的积分，就可大致计算出列车实际运行中的有效里程数。

该测试方法优点之一是：克服掉了因车轮的磨损、空转、滑行速度等各种因素造成的误差，可以连续测速。缺点是：采用此检测方法使用的检测设备要相对之于一般采用脉冲速度传感器测量方法需要的测试设备会更为昂贵复杂，如果因为地面的不平导致电波信号的散射变得较厉害之时，测量起来难度可能会相应加大。

因此，轨道交通信号与控制专业需要增加传感器技术知识点，以匹配企业对于本科生的专业需求。

二、传感器技术课程内容更新研究

为了结合实际，提高传感器技术课程内容，设计了如下的传感器课程教学目标和教学计划。

表 1 课程目标

课程目标	目标内容
1	掌握线性系统概念及其性质，掌握测试系统的静态特性指标及其标定过程，掌握系统不失真测量的时域条件和频域条件。
2	通过本课程的学习，掌握常用传感器工作原理、信号调理电路和典型应用案例，熟悉常见物理量的测量方法。
3	通过本课程的学习，掌握常见机械量（力、振动、温度）等测量方法和测量系统，根据实际工程问题设计测试系统，培养学生运用所学知识解决测试技术领域的复杂工程问题的能力。

同时，为了体现思政内容，本课程目标增加了如下内容：将课程内容与思政元素有机融合，在教学内容中植入爱国主义情怀和大国工匠的奉献精神，将德育渗透、贯穿教育和教学的全过程，

培养学生科学精神、创新精神、工匠精神等。

表 2 传感器技术知识点教学计划

教学内容（知识点）	时长（学时）
1、认知电阻式应力传感器的分类、特性和应用。 2、掌握应变、拉力测量；载荷和扭矩的确定和求解。 3、了解气体传感器的结构、工作原理和使用情况。 4、认知湿法传感器的结构、原理和应用。 5、认知磁敏传感器的原理、结构和应用。	2
1、认知自感传感器的种类和特性。 2、认知自感换能桥的设计与实现。 3、认知差动变压器的结构、工作原理和差动检测。 4、认知转换的弹性灵敏单元的构造和特性。	2
1、认知电旋风传感器的工作原理、结构和特性。 2、了解电旋风式换能器的变换线路和它的用途。 3、掌握接近开关的概念，结构，分类，特点和用途。	2
1、认知电容式传感器的工作原理、分类和转换线路。 2、掌握电容式传感器的使用方法。	2
1、认知压电的作用和它的工作机理。 2、了解振动的基本原理和振动加速度测试方法。	2
1、认知振动频率的测定。 2、认知超声波的特征。 3、认知超声探测器的结构与使用。	2
1、认知霍尔传感器的霍尔作用及参量。 2、了解霍尔集成电路的结构、特性、分类和特性。	2
1、掌握霍尔传感器的三类应用。 2、认知热电效应及其热电偶结构。 3、掌握常用热电偶的型号特点及其选用方法。	2
1、认知光电效应的三种类型。 2、掌握光敏电阻、光敏二极管、三极管的原理及其应用。 3、掌握光电池的原理及其应用。	2

同时，在课后作业中，要求学生自主去调研和查阅相关文献，查阅传感器的原理，以及其在轨道交通中的应用案例和效果，达到的精度要求等方面的内容。

在考试上，出一部分题目和传感器也相关，要求考试结合具体传感器，实现信号系统的相关功能。比如，要求学生论述，选择霍尔传感器等结合来实现列车测试功能的原理和过程。这样达到专业学生的学以致用和解决具体专业问题的培养目标。

三、结论

在轨道交通信号与控制专业培养中，适当的添加传感器相关的原理知识，可以提高学生的专业水平。同时，也对于让学生毕业后，尽快可以适应工作环境。提高专业培养的学生质量和受欢迎度。

参考文献：

[1] 周喜强.城市轨道交通信号系统自动控制技术分析[J].名城绘, 2018(10): 1.
[2] 于晓春, 李洪宇.光敏电阻, 光敏二极管各种特性测量实验的设计[J].电子质量, 2018(4): 5.
[3] 徐金祥等.城市轨道交通列车运行自动控制技术[M].北京: 中国铁道出版社, 2012.